

OPTIMIZAREA FUNCȚIONĂRII UNUI TRANSFORMATOR CU R.A.T. UTILIZÂND UN SISTEM INTERACTIV

Vasile Ududec, masterand SMCPE; Toader Macovei, masterand TAMAЕ; Vlad Ionel, masterand TAMAЕ, Alexandru-Mihai Galan, student SE

1. Introducere

Este cunoscut faptul că una dintre condițiile cu impact major pentru creșterea siguranței în exploatare a oricărei echipament electric este utilizarea corectă, din punct de vedere termic, a tuturor subcomponentelor precum și a părților conductoare de curent prin intermediul cărora se asigura interconectarea echipamentului în sistem. De asemenea, este știut faptul că, puterea unui echipament este determinată de supratemperaturile maxime admise în diferitele părți ale acestuia, iar supratemperaturile admise depind de: natura materialelor utilizate, tipul de răcire folosit, regimul de funcționare al echipamentului.

Indiferent despre ce echipament este vorba, creșterea temperaturii peste limitele admisibile conduce la unul din următoarele efecte: cresc pierderile prin histerezis și pierderile datorită curenților turbionari induși în materialele magnetice, străbătute de câmpul magnetic variabil produs de conductoarele parcurse de curent electric alternativ; temperatură ridicată în zona contactelor electrice a aparatelor de comutație, accelerează procesul de eroziune a materialului conductor astfel se reduce considerabil numărul de acționari posibile și implicit durata de viață a aparatului, solicitările termice de lungă durată influențează parametrii electrice a izolației, fenomenul este cunoscut sub denumirea de “îmbătrânirea izolației”,; scăderea rezistenței de izolație și a rigidității dielectrice a materialelor electroizolante sporesc riscul străpungerii a izolației însoțită de arc electric, apariției conturnărilor și descărcărilor corona, scăderea preciziei aparatelor de măsură, în deosebi celor de construcție analogică, decalibrarea bobinelor releelor și blocurilor de declanșare a releelor de protecție. Creșterea temperaturii de funcționare a aparatelor de măsură și protecție poate determina semnalizări sau/și declanșări false cu impact distrugător în rețelele electrice de distribuție.

Pentru a reduce toate aceste efecte negative, practica utilizează mai multe soluții pentru menținerea temperaturii unui echipament în limitele admisibile, printre care: mărirea secțiunii conductoarelor, proiectarea căilor conductoare cu lungime minimă, folosirea materialelor cu puritate mare, reducerea distanțelor dintre conductoarele parcurse de curent (compactizare), folosirea materialelor cu termoconductivitate mare pentru construcția cofretelor și carcaselor, mărirea dimensiunilor fanțelor pentru creșterea eficienței ventilației naturale a carcasei, folosirea unităților de aer condiționat pentru răcirea aerului din interiorul echipamentului, micșorarea rezistenței de contact a conexiunilor și contactelor electrice prin acoperiri electrochimice de argint, staniu și nichel.

Având la bază toate aceste informații, colectivul de autori și-a propus să realizeze un sistem optimizat de răcire a contactului alunecător cu rolă folosit în comutația transformatoarelor cu reglaj automat al tensiunii utilizând un microcontroler board de tip Arduino și să analizeze eficiența mai multor sisteme de răcire utilizate în vederea exploatarei economice și sigure a acestor echipamente de importanță majoră în domeniul energetic. Problema reglării continue a tensiunii în unele ramuri industriale care necesită puteri mari reglabile a condus la perfecționarea prizei de curent mobile în scopul asigurării unei funcționări cât mai sigure. Material de studiu a fost reprezentat de mai multe brevete de invenție ale universității noastre obținute în ultimii ani pe această temă.

2. Stadiul actual al soluțiilor din domeniu

Un prim brevet are la bază analogia cu soluția răcirii forțate a transformatoarelor electrice de mare putere iar aici răcirea contactului alunecător cu rolă (contactului alunecător cu rolă = priza de curent mobilă) se face prin ventilatoare suflante (Fig. 1).

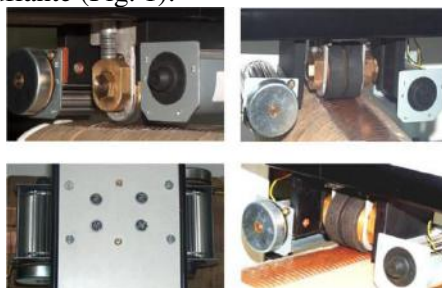


Fig. 1 Imagini cu privire la poziția contactului alunecător în raport cu înfășurarea

O altă invenție studiată este cea a unui sistem de răcire interior prezentată în imaginea de mai jos (Fig. 2). Răcirea interioară a axului tubular și a rolei de contact este realizată cu ajutorul unui ventilator atașat la extremitatea axului tubular prin intermediul unei piese speciale destinată captării și dirijării curentului de aer către zona de contact. Sistemul cu rolă jumelată (în tandem) este constituit din două role de grafit, plasate pe același butuc (suport conductor) și situate la o anumită distanță una față de alta. Butucul metallic menționat este prevăzut, în zona dintre role, cu niște canale radiale. Întreg ansamblul rolei de contact este plasat pe un ax tubular, prevăzut în zona centrală, cu o fantă axială relaționată cu poziția canalelor radiale aferente butucului. În modul descris curentul de aer destinat răcirii ia contact cu zona încălzită mai puternic

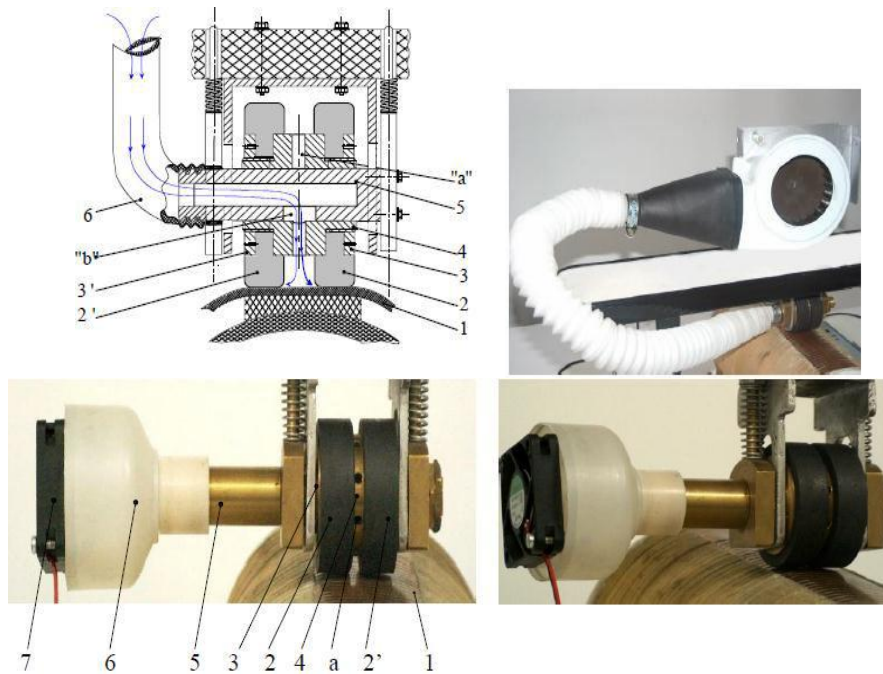


Fig. 2 Traseul curentilor de aer în cazul soluției de răcire propuse. Detalii privind elementele constructive

Scopul acestui studiu este concretizat în analiza eficienței acestor sisteme de răcire utilizate la transformatoare cu RAT (reglaj automat al tensiunii). Pentru aceasta a fost utilizat un microcontroler de tip Arduino Uno (o platformă de tip open-source ușor de utilizat din punct de vedere hardware și software). Caracteristicile plăcii sunt prezentate în continuare (Fig. 3).

- Tensiune de lucru: 3.3 V
- Tensiune de alimentare : 7-12 V
- Pini IO digitali: 54 (12 PWM)
- Pini de intrare analogici: 12
- Pini de iesire analogici: 2 (digital to analog converter)
- Memorie: 512 KB disponibili
- Viteză procesor: 84 MHz

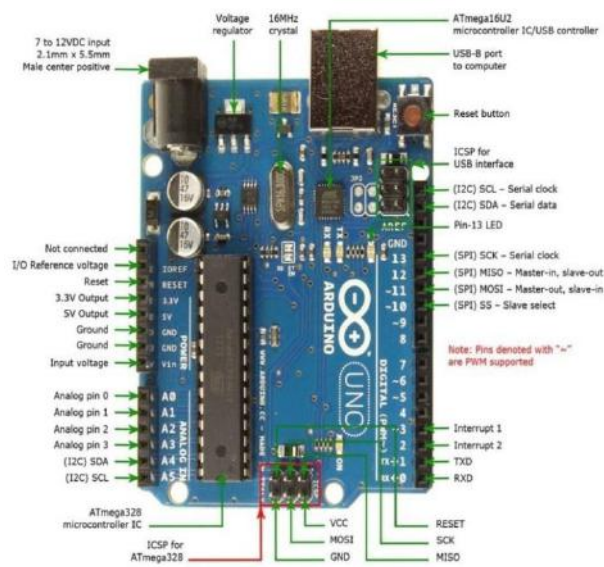


Fig. 3 Caracteristicile interfeței Arduino Uno.

În ideea realizării unui sistem autonom de monitorizare a temperaturii contactului alunecător, constituit din rolă, s-a utilizat un sensor de temperatură MLX90614 (Fig. 4) ce măsoară temperatura obiectelor de la distanță. Senzorul funcționează pe baza determinării lungimii de undă a radiației în infraroșu emisă de obiectul în cauză.



Fig. 4 Senzor de temperatură MLX90614

Pentru optimizarea sistemului s-a folosit un traductor curent-tensiune, constituit dintr-un miez magnetic din ferită pe care, prin intermediul unei carcase electroizolante sunt plasate cele două înfășurări de curent respectiv tensiune. Traductorul de curent-tensiune prezentat are rolul de alimenta ventilatoarele laterale de răcire a sistemului, pentru ventilatorul frontal s-a folosit un transformator de curent montat pe faza de alimentare a montajului.

Programul ce a fost încărcat în Arduino, are rolul de a transmite datele de la senzor către display pentru urmărirea cu ușurință a temperaturii contactului alunecător cu rolă. Pe panoul frontal se mai pot urmări și tensiunea de alimentare a standului și curentul ce parcurge contactul alunecător. În funcție de temperatura citită, dacă aceasta crește peste anumite limite prescrise în program, se va comanda un releu care la rândul său va închide circuitul de alimentare a unui ventilator, care va răci sistemul. În cazul în care temperatura nu scade sub un anumit prag, se va mai comanda un releu care, la rândul său, va închide circuitul pentru pornirea ventilatorului frontal. Ventilatoarele actionate de către cele două relee sunt alimentate de la transformatoare diferite care folosesc ca tensiune de alimentare tensiunea standului, nefiind necesară realizarea unor surse suplimentare de alimentare. În cele din urmă, în cazul în care temperatura crește riscând să distrugă termic sistemul, în program este prescrisă o temperatura limită critică la care sistemul va acționa un contactor prin intermediul unui releu pentru deconectarea sarcinii. În Fig. 5 sunt prezentate imagini generale cu privire la standul experimental realizat.

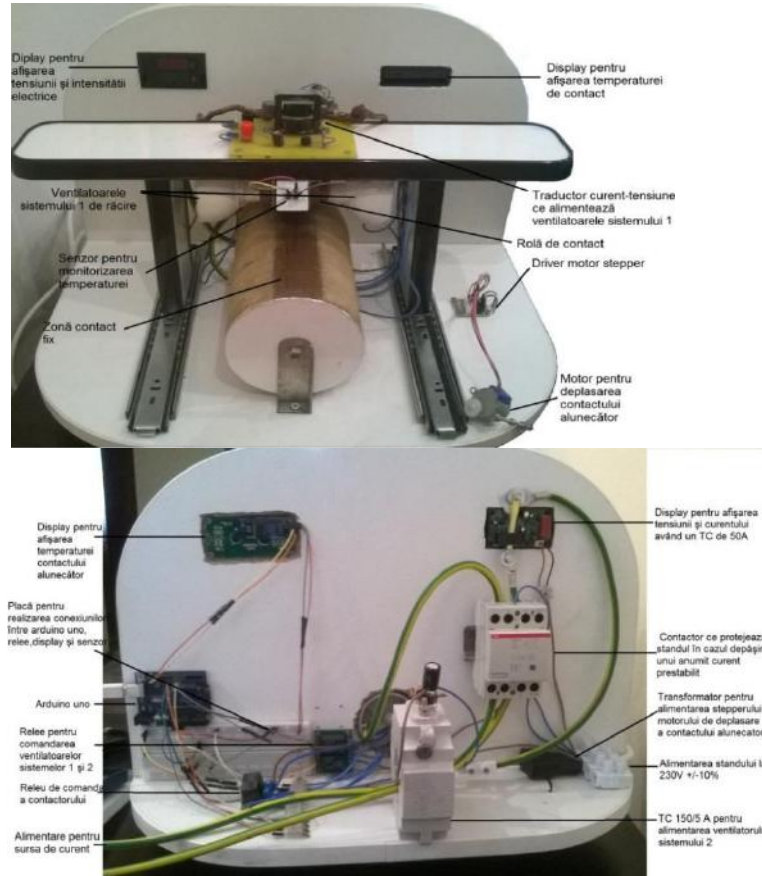


Fig. 5 Imagini generale ale standului experimental

În acest caz (Fig. 6), s-a observat variația temperaturii în timpul comutației, adică a variației intensității curentului electric de la 10A la 35A. Eficiența sistemului de răcire lateral a fost analizată comparativ cu funcționarea rolei respectiv cu reglajul intensității curentului electric prin înfașurare în cazul când răcirea era naturală. S-a constatat că în cazul în care nu avem un sistem de răcire, temperatura crește de la 27,23 °C la 42,52 °C, iar în cazul în care avem în funcție sistemul de răcire laterală, temperatura crește de la 27,23 °C la 41,49 °C, adică apare o diferență de 1,03 °C. Privind aceasta diferență ne dăm seama că sistemul 1 de răcire nu este eficient în cazul în care l-am folosi la un comutator de ploturi care ar avea curenții nominali de funcționare cuprinși între 10-35A. Însă, dacă analizăm și sistemul frontal de răcire, care directionează un jet de aer perpendicular pe rola contactului alunecător vom observa că, acesta reușește să țină temperatura contactului alunecător la valoarea de 32,08 °C, adică o diferență de temperatura de 10,44°C comparativ cu sistemul când nu este ventilat.

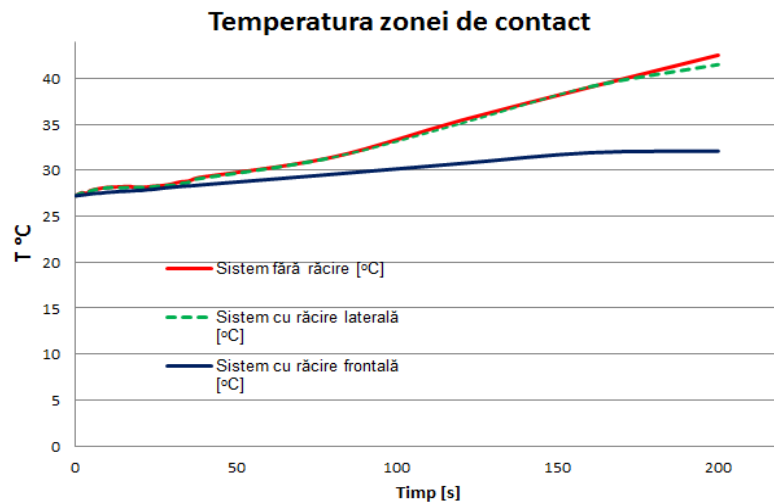


Fig. 6 Variația temperaturii în zona de contact - caz 1

În cele ce urmează, se prezintă un al doilea caz concretizat în răcirea zonei de contact la intensitatea curentului de 15A, ajungând în urma comutației la valoarea de 39A. Având în vedere efectul Joule, se observă o creștere a temperaturii atât în starea sistemului neventilat cât și ventilat prin cele două moduri. În prima situație, fără ventilație, temperatura prezintă o creștere de 20,04°C, iar în cazul ventilării laterale temperatura crește cu 19,18°C urmând ca în cazul ventilării frontale temperatura să crească cu 13,3°C. Deci se poate observa că, în cea de a doua situație, sistemul de ventilație care prezintă o ameliorare semnificativă asupra temperaturii contactului alunecător, este tot sistemul de răcire frontală (Fig. 7).

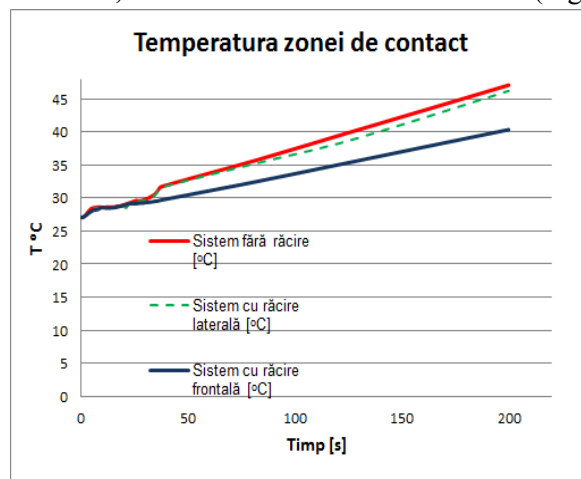


Fig. 7 Variația temperaturii în zona de contact - caz 2

Ultima situație în care se urmărește dependența temperaturii de intensitatea curentului, prezintă datele luate în cazul unui curent de 20A prin contactul alunecător, curent ce ajunge la 48A în urma comutației. Și în acest caz, se observă faptul că, sistemul de răcire frontal este cel care reușește să țină temperatura zonei de contact la valorile cele mai joase, comparativ cu celelalte două variante de răcire prezentate anterior (Fig. 8).

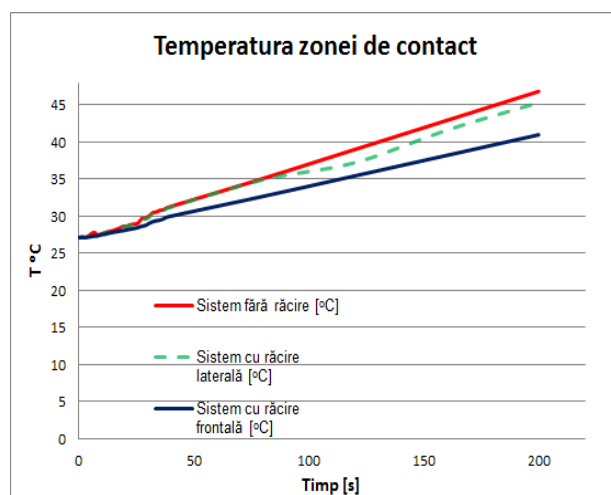


Fig. 8 Variația temperaturii în zona de contact - caz 3

Privind diferențele de temperaturi din situațiile de mai sus, în varianta de răcire cu ventilație frontală, s-a considerat utilă compararea temperaturilor contactului alunecător în funcție de intensitatea curentului ce-l parcurge, când acesta este răcit de către sistemul de ventilație frontală. Astfel a rezultat faptul că, în cazul unui curent de 15A respectiv 20A, și în urma comutației, temperatura zonei de contact ajunge în jurul valorii de 40°C, iar în cazul unui curent de 10A, valoarea temperaturii este în jurul valorii de 32°C (Fig. 9).

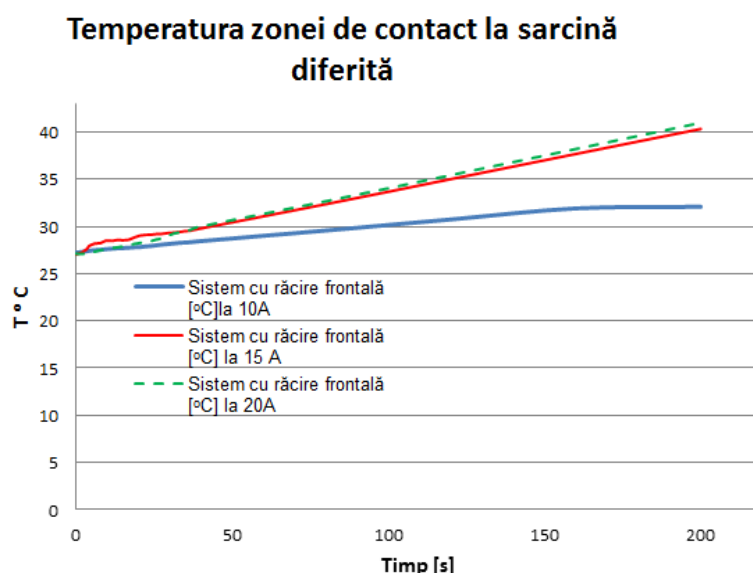


Fig. 9 Variația temperaturii în zona de contact la valori diferite ale curentului (sarcină diferită)

Faptul că temperatura are valoarea în jurul pragului de 40°C în ambele situații, se datorează modului de alimentare a ventilatorului. Acesta este alimentat din secundarul unui transformator de curent. Atunci când transformatorul de curent este parcurs de o intensitate mai mare a curentului electric, va oferi în secundarul său o tensiune mai mare de alimentare către ventilator, fapt ce va duce la creșterea turației ventilatorului, deci, implicit la o răcire mai bună a zonei de contact. Însă, scăderea temperaturii la contactul alunecător nu este semnificativă la curenți mari datorită apariției efectului Joule, astfel explicându-se valorile apropiate ale temperaturii (Fig. 9).

S-au analizat trei situații de utilizare a sistemului de răcire intermitent, adică s-a stabilit o diferență de temperatură la care ventilația să pornească sau să se oprească, pentru a putea evalua eficiența acesteia. În toate cele 3 cazuri, când avem $I = 10, 15$ respectiv 20A, s-a observat o scădere rapidă a temperaturii la pornirea ventilației, respectiv o creștere rapidă a temperaturii în zona de contact la oprirea ventilației (Fig. 10). Aceste variații rapide de temperatură ne pot trimite cu gândul la folosirea eficientă a ventilației, astfel încât să se obțină o economie de energie, activând ventilația doar la un singur nivel de temperatură.

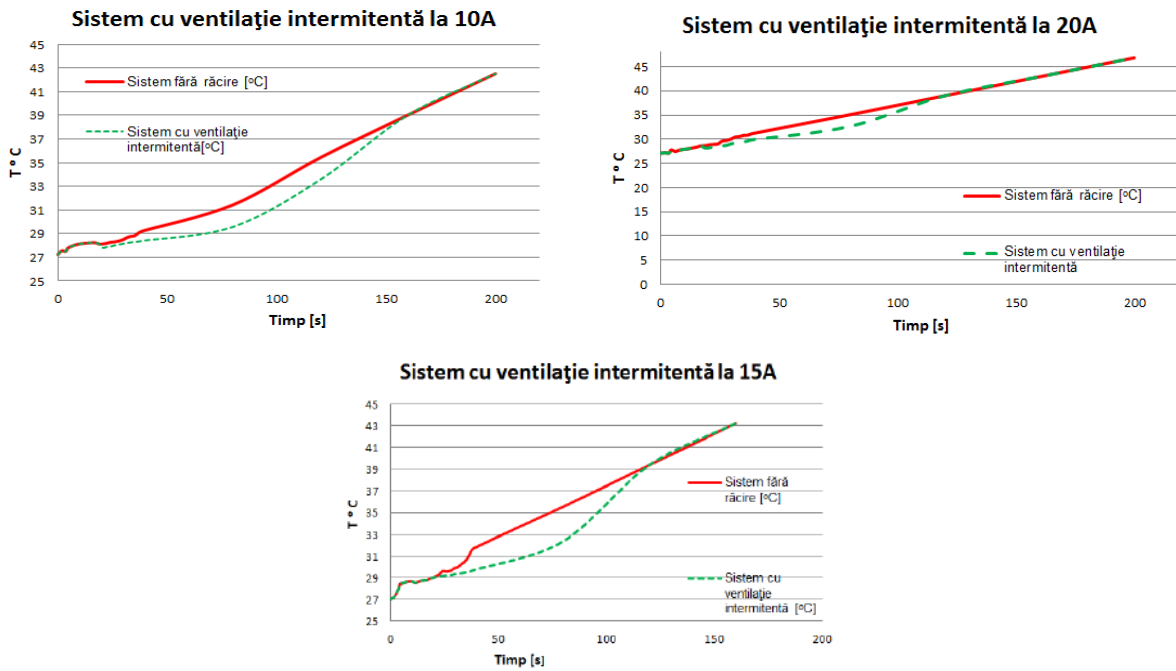


Fig. 10 Situații distincte de utilizare a sistemului de răcire intermitent. Variația temperaturii în timp.

În ultima situație, s-a dorit să se arate care dintre cele 3 sisteme de ventilare intermitentă, în funcție de intensitatea curentului, este cea mai eficientă. Analizând caracteristicile prezentate în Fig. 11, se poate observa faptul că, sistemul de răcire funcționând la un curent în valoare de 10A prezintă o evoluție în timp foarte bună însă, pe final, temperatura zonei de contact este ușor mai mare (2°C diferență de temperatură), comparativ cu sistemul de răcire funcționând la valoarea de 15A care are o evoluție nu tocmai favorabilă însă, în cele din urmă, temperatura zonei de contact tinde să scadă.

Temperatura zonei de contact la sarcină diferită

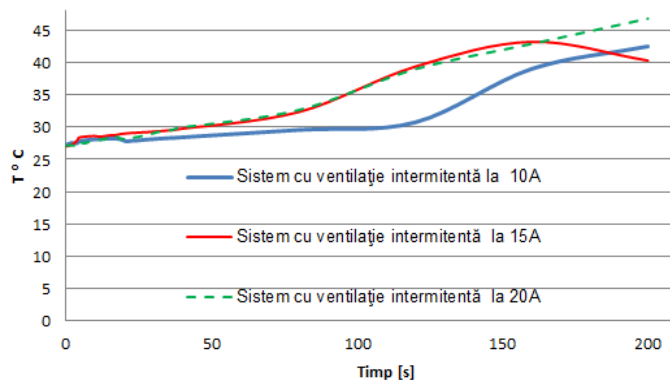


Fig. 11 Analiza comparativă a sistemelor de ventilare intermitentă. Variația temperaturii în timp.

Concluzii

Prin inițierea acestui studiu, s-a evidențiat faptul că, sistemul cu ventilație frontală prezintă un randament superior comparativ cu sistemul cu ventilație laterală și cu cel "răcit" natural (neventilat).

Analiza sistemului de ventilație frontală în cazul răcirii sistemului alunecător cu rolă, la intensități diferite a curentului ce parcurge contactul, a evidențiat un aspect interesant, acela că în cazul unui curent de 15A și a unui curent de 20A, în urma comutației și ventilării contactului alunecător, valorile finale ale temperaturii sunt aproximativ egale.

Acest fapt se datorează faptului că, ventilatorul este alimentat din secundarul unui transformator de curent, iar dacă acesta este parcurs de un curent mai mare, va alimenta și ventilatorul cu o tensiune mai mare conducând la o ventilație mai puternică. În același timp, va apărea și efectul Joule care va conduce la obținerea unui echilibru în ceea ce privește temperaturile măsurate în cele două situații (ventilația frontală și ventilația laterală).